



El Lenguaje Constructivo en la Arquitectura: Más verbo menos sustantivo

Constructive Language in Architecture: More verb less noun

*Báez-Álvarez, Fabian Enrique*¹

*González-Rivera, Katherine del Carmen*²

*Ángel-Rubiano, Danna Catalina*³

*Almario-Castillo, José Agustín*⁴

^{1,3} Universidad La Gran Colombia, Bogotá D.C., Colombia

^{2,4} Universidad Autónoma de Chiriquí, David, Panamá

¹fabian.baez@ugc.edu.co | <https://orcid.org/0000-0002-8007-0660>

²katherine.gonzalez8@unachi.ac.pa | <https://orcid.org/0000-0002-9856-4036>

³danna.angel@ugc.edu.co | <https://orcid.org/0000-0002-6978-0012>

⁴jose.almario@unachi.ac.pa | <https://orcid.org/0000-0002-1144-2141>

Recibido el 15 de Febrero del 2024, aprobado el 13 de Mayo del 2024



RESUMEN | El lenguaje constructivo en la arquitectura: Más verbo menos sustantivo; busca no solamente presentar la arquitectura a través de la técnica edificatoria, sino evidenciar que su proceso a través del tiempo ha sido arduo, complejo y en un principio de puro “ensayo y error”; hasta convertirse la construcción en una ciencia. Ciencia con la cual nos hemos familiarizado al momento de convertirnos en arquitectos, pues aquel que se considere digno de esta profesión ha de reconocer que el diseño está sujeto a la construcción, sus tendencias, sus limitaciones y su futuro. De otra parte, también reconocemos que existen profesionales de la arquitectura que no ven la necesidad de la construcción como parte de su desarrollo profesional, para ellos, este artículo presenta de una manera muy sencilla como la Historia de la Construcción, colabora con la teoría a través de la praxis dándole otro concepto al quehacer del arquitecto, además se apropia de elementos de léxico convirtiéndose en una valiosa herramienta pedagógica de fácil consulta en el área de la construcción para profesores y estudiantes; se aclara que, por el grado de complejidad se tomaron elementos de la Norma Colombiana de Construcción Sismorresistente – NSR-10, (sin que ello se desprecie la norma Panameña teniendo en cuenta los autores), se destaca que las tablas presentadas se pueden adaptar a los requerimientos de cualquier país de Latinoamérica. Queremos exaltar las palabras de Quintiliano “El arquitecto se extiende a todo lo que entra en la composición de un edificio”.

PALABRAS CLAVE | Arquitectura, Construcción, Ciencia-de-la-Construcción, Lenguaje, Pedagogía.

ABSTRACT | Constructive language in architecture: More verb less noun; It seeks not only to present architecture through the building technique, but also to show that its process over time has been arduous, complex and initially of pure “trial and error”; until construction became a science.

© Copyright 2024. Universidad Nacional de Ingeniería



Science with which we have become familiar at the time of becoming architects, since anyone who considers himself worthy of this profession must recognize that design is subject to construction, its trends, its limitations and its future. On the other hand, we also recognize that there are architectural professionals who do not see the need for construction as part of their professional development. For them, this article presents in a very simple way how the History of Construction collaborates with the theory through praxis giving another concept to the architect's work, it also appropriates lexical elements, becoming a valuable pedagogical tool that is easy to consult in the area of construction for teachers and students; It is clarified that, due to the degree of complexity, elements were taken from the Colombian Standard for Earthquake-Resistant Construction – NSR-10, (without disregarding the Panamanian standard taking into account the authors), it is highlighted that the tables presented can be adapted to the requirements of any Latin American country. We want to exalt the words of Quintiliano “The architect extends himself to everything that enters the composition of a building.”

KEYWORD | Architecture, Construction, Construction-Science, Language, Pedagogy.

Introducción

*“La construcción es la lengua materna del arquitecto.
Un arquitecto es un poeta que piensa y habla en el idioma de la construcción”.*

Auguste Perret.

La palabra edificación viene del latín aedificiūm, cuya raíz es aedes que significa encender el fuego del hogar y facere que significa hacer; es importante resaltar que la palabra hogar se debe orientar hacia ese sitio donde estaba destinada la hoguera al interior de la casa (que posteriormente adoptaría el nombre de chimenea), era generalmente el espacio ideal donde la gente se reunía a recibir calor en los días y noches fríos, por lo tanto, la resultante de estas dos raíces es “construir el hogar” convendría mucho el resaltar la definición sobre ese sitio de protección y reunión. Pero en realidad, ¿Que caracteriza una edificación para que esta sea arquitectónica? Es sin lugar a duda la habitabilidad cuya finalidad es la acción de convertir el espacio o espacios en habitables con condiciones de ventilación, iluminación, confort e higiene, cuya ocupación podría ser permanente o transeúnte de forma individual o grupal, independientemente de su función social pues ella puede caracterizarse entre múltiples usos como el de referirse de forma muy global a vivienda, comercio, industria, ocio, recreación, entre otros.

Es de recordar que la acción primaria de un arquitecto es el diseño de edificaciones preparados a través de un conjunto planimétrico conformado por plantas, fachadas, cortes o secciones; que son instrucciones a base de dibujos técnicamente concebidos (a mano o usando medios digitales), pues en ellos se demarcaran las condiciones de habitabilidad, técnicas constructivas e instalaciones especiales necesarias para el bienestar de quien lo ocupe. Ahora bien,



es el arquitecto diseñador quien debería ejecutar la acción edificatoria pues es este que en cada trazo realizado en esa planimetría es muy bien reconocido por este mismo al momento de plasmarse a escala 1:1 y si hubiese alguna contradicción este sería quien rápidamente la valoraría y si es el caso la corregiría.

Con este escrito se busca el resaltar el lenguaje constructivo más allá del hecho de la ejecución, debe ser este el despertar del interés por la *building science* o ciencia de la construcción, que es la aplicación de la física y la química en la edificación en cada uno de los materiales a usar, tanto en la estructura como en los acabados, pues estos tienen un comportamiento específico que podríamos relacionar entre fortalezas y amenazas, de allí la importancia y necesidad de conocerlos para saber cómo elegir, usar y aplicar durante la ejecución de la obra, teniendo en cuenta su posterior mantenimiento durante su vida útil que suele ser alrededor de cien años. Radica la importancia que el arquitecto mantenga esa relación simbiótica entre la proyección del diseño arquitectónico junto con sus características vitruvianas y de construcción. En este instante vale la pena recordar lo que menciona Báez y González (2021), sobre el Lenguaje Constructivo:

Es la materialización del hecho arquitectónico usando las diferentes técnicas constructivas, contrastando los diferentes materiales que dinamizaran entre el color y la textura de la obra, es en sí el punto clave y final donde redundan todos los lenguajes anteriormente descritos. (p.78).

El objetivo de este escrito es presentar el Lenguaje Constructivo como una herramienta pedagógica en la enseñanza – aprendizaje de la arquitectura, para ello se desarrolla el contenido en dos momentos el primero denominado “el desarrollo de la construcción”, se enmarca a través del origen de la edificación arquitectónica y la evolución del fenómeno constructivo. Complementado con un segundo momento titulado “lo que se debe saber de construcción”, cuyo contenido está distribuido con los sistemas estructurales – constructivos, posteriormente se tocara el tema de principios sobre estructura para edificaciones arquitectónicas y finalmente con el tema de clasificación de materiales para construcción. Se espera que el orden presentado sea coherente para involucrar al lector y generar nuevas dinámicas del conocimiento de la construcción y el lenguaje constructivo.

El desarrollo de la construcción

Origen de la Edificación Arquitectónica

Antes de hablar del origen de las edificaciones arquitectónicas es conveniente hacer un paréntesis y hablar de la especie *Homo Sapiens*, la cual por su capacidad cerebral logra evolucionar sobre otras especies, otra de las condiciones particulares es la caminar erguido haciendo que sus manos queden libres y por lo tanto, puedan ser usadas para producir utensilios, particularidad con la cual evoluciono. De otra parte, la dependencia del vivir en comunidad hace que el ser humano desde sus inicios se convierta en un ser social por naturaleza, ello ayudo en cierta manera a la



solidaridad maternal que propicia el cuidado del infante en términos de gran familia denominada tribu.

Otro hecho de relevancia realizado por este Homo Sapiens es la domesticación del fuego, pues este contribuyó no solamente a espantar a los grandes depredadores sino a la cocción de los alimentos, el cual posiblemente tuvo que experimentar bastante, en términos de lograr determinar y escoger que tipo de frutos, legumbres o cereales se convertirían en la dieta necesaria de subsistencia humana.

La capacidad de comunicación y de pensar, se constituye en la primera revolución a la cual se denomina “revolución cognitiva”, esta se llevó a cabo posiblemente hace ya unos 70.000 o 30.000 años, y constituye ese despertar por parte del Homo Sapiens por manifestarse con el otro a través de un lenguaje que inicialmente fue verbal o gesticular, tal vez en un inicio las palabras no son las que actualmente conocemos puesto que tal vez su lenguaje inicial fue un lenguaje de supervivencia, que en el transcurrir de los años se fueron adquiriendo nuevos modismos como parte de reconocimientos de lugares, alimentos o posiblemente de personas (se tardaría otros cuantos miles de años más para inventarse la escritura) en términos de ciencia se podría hablar que este fenómeno se presentó dada una mutación en el ADN sobre esta especie. Se podría decir que el lenguaje desde ese tiempo ha evolucionado siguiendo siempre la regla de que el ser humano es en preferencia un ser social. Harari (2014), resume lo que ocurrió con la revolución cognitiva en la Tabla 1, que se presenta a continuación:

Tabla 1

Lo que ocurrió en la Revolución Cognitiva

Nueva Capacidad	Consecuencias más generales
La capacidad de transmitir mayores cantidades de información acerca del mundo que rodea a Homo sapiens.	Planificar y ejecutar acciones complejas, como evitar leones y cazar bisontes.
La capacidad de transmitir mayores cantidades de información acerca de las relaciones sociales de los sapiens.	Grupos mayores y más cohesivos, que llegan a ser de hasta 150 individuos.
La capacidad de transmitir información sobre cosas que no existen realmente, como espíritus tribales, naciones, sociedades anónimas y derechos humanos.	a) Cooperación entre un número muy grande de extraños. b) Innovación rápida del comportamiento social.

Nota. Adaptado de *De animales a dioses* (p. 51), por Y. N. Harari, 2014.

A la revolución cognitiva, le siguió la “revolución agrícola”, donde se conformaron grupos de aquellos primeros cazadores recolectores, que como se mencionó anteriormente cambiaron su dieta alimenticia convirtiéndose en los primeros agricultores, estos generaron vínculos sociales a través de la generación de grupos sociales llamados tribus o clanes. Inician la domesticación de animales y cambian de estrategias para cazar, la palabra “domesticar”, viene del latín “domus”



cuyo significado es “casa”; sin lugar a dudas donde se empiezan a buscar nuevos refugios para resguardasen del frío, las lluvias, los animales nocturnos y sobre todo de la protección del fuego; dejando las copas de los árboles que inicialmente sirvió de primer refugio, para usar las cuevas presentes en las rocas o también las cuevas bajo tierra. Al respecto Tineo (1984) menciona:

Hemos de tener en cuenta, por otro lado, que al penetrar en tierra a una determinada distancia de la superficie, la temperatura cobra unos ciertos valores estables que se mantienen durante todo el año. Según el tipo de terreno de que se trate, el grado de humedad ambiental es muy apropiado y, dependiendo de la disposición interior del habitáculo puede existir un cierto gradiente que fuerce a una renovación del aire y que, incluso, permita hacer fuego sin provocar la inhabilitación por exceso de humo, o por falta de oxígeno. Se dan por tanto, una serie de condiciones de tipo ambiental que, en determinadas circunstancias, hacen de la cueva un muy aceptable cobijo. (p. 13).

A pesar del uso de las cavernas el hombre siempre ha buscado la superficie para sus labores cotidianas, posiblemente el sentirse más en contacto con su entorno, sus labores, o simplemente el hecho de la tenencia de la tierra, es por ello por lo que aquellas construcciones trogloditas (palabra del latín troglodyta que significa penetrar caverna), incluso son adaptaciones de cavernas para usos varios tanto de hábitat como de granero o de uso religioso. Uno de esos lugares subterráneos que tanto han inquietado sin lugar a dudas y de los más llamativos es Capadocia que a renglón seguido recrea, Allen (1969):

En el centro de Turquía encontramos los conos de Capadocia, región en la que la combinación del hombre con la naturaleza ha producido un paisaje espectacular de conos y minaretes tallados por la erosión primero y ahuecados en cobijos después. Ante la blancura de la piedra volcánica local resultaba más fácil excavar una casa que construirla. Los capadocios excavaron ciudades enteras; una, hasta 90 metros de profundidad; otra, un rascacielos de 16 plantas. Dos ciudades -una de ellas alojando a 20.000 personas- estaban conectadas por un túnel de 10 kilómetros. (p. 210).

Es de aclarar que al Homo Sapiens le tomo un poco de tiempo en distinguir cuales serían sus cultivos más asertivos para su sustento entre los cuales caracterizo al trigo, arroz, maíz, patatas, mijo y cebada, los cuales fueron los predilectos desde hace 9.500 y 3.500 a.C., sin embargo, al hecho de convertirse en agricultores hizo que hubiese mayor proximidad a sus cultivos dado que requerían de mayor fuerza laboral y vigilancia, estar pendiente del proceso evolutivo de la siembra y la cercanía con sus cada vez incontables animales domésticos puesto que los bóvidos y las aves proporcionaban otras fuentes de alimentos, y ayudan en el arado. De otra parte, perros y gatos se convirtieron en fieles compañeros el primero ayuda con sus ladridos a ahuyentar depredadores o dar alarma de ellos y los segundos a espantar o cazar plagas (posteriormente llegaron equinos y dromedarios); por tal razón, se convierte en necesario el uso de la piedra, la madera y el barro



convirtiéndose en los primeros aliados en la fabricación y construcción de casas, graneros, muros de cerca y corrales para animales. Acland (1972), describe:

...De nuevo, las arboledas sugerirían cabañas cuyas paredes las formarían los troncos y cuyas techumbres serían de ramaje y capa vegetal. Tales cabañas restan en uso entre los pueblos primitivos y, junto con otras de dos pisos y escalera exterior, el autor las ha visto en las aldeas de Jericó... El hombre primitivo hubo de construir con materiales disponibles localmente -cañas, tallos, hojas y ramas. De estos materiales dúctiles y livianos debió crear unidades estructuralmente rígidas y durables. Lo que consiguió entretejiéndolos para cubrir, abovedar o salvar el espacio útil. Inicialmente, pudo haberse limitado a atar en manojo los extremos de los tallos, dejando estar bajo tierra sus raíces. En este pequeño cobijo acogedor, cúpula o tejado emergiendo del suelo, creó un alrededor protegido mediante el solo uso de materiales naturales adaptados a sus necesidades... Ya en el 1.500 a.C. los cazadores trashumantes en Europa conocían la tierra y la turba como excelentes aislantes. Por eso sepultaron la choza circular simple en una excavación poco profunda y cerraron un muro de turba en torno al almacén; las ramillas del techo las recubrieron con piel de animales. Apenas un escaso cobijo reducido y mal ventilado, esta casa primitiva semienterrada vino a ser el origen de los complejos alojamientos de tierra que conocemos. (p.254).

De presente está también una inicial revolución tecnológica dada la creación de variedad de utensilios tanto para la labor del agricultor, como la doméstica, al igual que para la defensa, cada vez se vuelve más compleja la estancia, la convivencia y por ello tanto historiadores, como arqueólogos, sociólogos y antropólogos, coinciden en que esta etapa de revolución agrícola ayuda a conformar los primeros asentamientos, con todos los aciertos y desaciertos que implican no solamente la conformación social, sino la higiene y la prevención de enfermedades, que se pueden presentar en estos primeros asentamientos. Es evidente que aun la escritura no ha sido inventada y, por lo tanto, la tradición oral es importante en estos inicios de ciudades primitivas, los cuales ayudan a mejorar los futuros asentamientos y el factor de convivencia con los demás agricultores, muchas de las cosas que se consideran cotidianas en tiempo presente, tuvieron que ser compartidas de generación en generación.

La aproximación en este escrito no trata de hacer una trayectoria sobre la historia de la arquitectura enseñada en el pregrado, sino por el contrario su gran interés es el cómo se empieza a evidenciar esa llamada Edificación Arquitectónica, que por sus raíces procede de ese “domus”. Definitivamente el ser humano ha tenido que haber experimentado durante muchas ocasiones hasta perfeccionar y dominar la construcción pues el mejoramiento de estas casas hace que la técnica constructiva de inicios para que se construyan los grandes palacios a los que procede ese esplendor arquitectónico del que tanto se aprende por el paso del pregrado, sin embargo, hay una brecha a la cual se empodera el razonamiento de este trabajo, de la cual Castro (1995), indica:



A pesar de estas razones, en todo el proceso de enseñanza de la Historia de la Arquitectura, o se ignoran los procesos constructivos asociados a cada estilo, o se transmiten las versiones más inmediatas sin establecer ninguna reflexión sobre ellas. Prácticamente desde mediados de la década de los años veinte del presente siglo, el bagaje histórico imprescindible para la formación de los arquitectos se ha centrado en los aspectos estilísticos y artísticos, sin que se rozaran los aspectos técnicos, o simplemente de oficio, que posibilitaban, condicionándola, la arquitectura de cada época.

De esta forma, quizás inconscientemente, se ha seguido ahondando en la brecha entre la arquitectura y sus técnicas que ha sido la base de la aparición de algunas de las variantes más estériles, mientras insistimos una y otra vez en la necesidad de entender el proyecto como algo global, en el que el sistema constructivo se debe incorporar indisolublemente a la correcta definición de espacios y formas. (p.6).

Es conveniente imaginar el mundo de la construcción arquitectónica a través de sus constructores y sus obras iniciales entre ellas la cabaña de turba, la cabaña inglesa de la edad de hierro, la tienda, la casa de adobe, la casa pacas de paja y turba (estas dos últimas un ejemplo de la creatividad de colonos pobladores de inicios del siglo XX en Nebraska). Se podría decir que son una mezcla entre materiales y diferentes técnicas constructivas que al igual que en la revolución agrícola, se tuvieron que explorar y desarrollar posiblemente dados estos inicios se presentaron decesos humanos, de animales y hasta de cosechas. De manera sucinta se presentarán algunas cualidades, materiales de construcción y técnicas constructivas de estas primeras construcciones. Tabla 2. Construcciones Arquitectónicas Primarias.

Se presenta en esta Tabla 2, un resumen de cada una de los diferentes tipos de vivienda consideradas primarias o primitivas donde se valora dependiendo la región el uso de materiales ya que es totalmente diferente, en la Tabla 2 no se ingresó dentro de esta lista a las viviendas en piedra y de tapial, pues consideramos que estas dos técnicas son de las más estudiadas y conocidas tanto por la comunidad académica, como por aquellos constructores y artesanos que se dedican a tan noble oficio. Sobra recordar que la escritura se formalizo hace aproximadamente 2.500 a.C, y esta inicialmente estaba más relacionada a llevar registros sobre la actividad agrícola, que de otros por menores de las recién consolidas y primitivas ciudades, por lo tanto, la tradición oral al momento de construir se convirtió en extrema necesidad para cada uno de los miembros de cada comunidad. Cabe anotar que se han encontrado registros tanto de tablillas de barro como estelas donde se mencionan las inversiones de cada construcción, así como la calidad y la cantidad de mano de obra usada, prácticamente esas obras de carácter monumental que a su bien nos han enseñado desde la historia de la arquitectura poseían una documentación administrativa detallada, al respecto Antonio José Albardonado, menciona en Graciani (1998).



Dentro de lo que podemos clasificar como textos de información religiosa, la Biblia es una gran fuente; por ejemplo, en el Libro de los Reyes 1,6 y en el libro de las Crónicas II, 3, contiene importantes datos sobre la construcción del Templo de Jerusalén mandado a erigir por Salomón.

A pesar de que se conservan normas legales, es el Código de Hamurabi de Babilonia el que incluye por primera vez una legislación estrictamente sobre construcción domestica dentro de un marco legislativo completo, pero no debían ser pocas las ciudades que las tuvieran. (p.24).

Tabla 2

Construcciones Arquitectónicas Primarias o Primitivas

Nombre de la Construcción y definición	Materiales de Construcción	Técnica Constructiva Relevante
Cabaña de turba: Este tipo de cabaña se emplea para dormir, para este tipo de construcciones es importante aprovechar las depresiones del terreno.	Madera, ramas con hojas y turba.	Armazón de palos con arpillera, posteriormente se colocan las ramas con hojas y se amontona la turba.
Cabaña inglesa de la edad de hierro: Se amplía el concepto de uso pues además del dormir dentro de ella existía un espacio para hoguera multipropósito	Piedra, madera, ramas, heno y paja.	Construcción circular de aproximadamente 10 mts de diámetro, muro en piedra apilada con un espesor de 1 mts, terreno inclinado para evacuación de aguas lluvias. Zuncho de atado superior del muro para evitar empujes por parte de las vigas de madera de cubierta. Zuncho en el vértice para amarrar todas las vigas. La estructura de la cubierta se entreteje con ramas y se cubren con heno, posteriormente con paja.
Tienda: El sentido para los pueblos del desierto y de las estepas (se denomina a este tipo de vivienda como Yurta) de este cobijo donde se reúnen las funciones del descanso, el sentido social tanto familiar como de visita. El cocinar se hace en una tienda pequeña destinada para este uso.	Madera, piel de animal o esteras.	Montaje de tienda en Air – África. Se coloca la cama de madera. Se hincan los palos horquillados se atan los extremos y posteriormente se cubre con las esteras hechas de unos tallos conocidos como iwerweren. En temporada de lluvia se cubre con la piel de animal.
Casa de Adobe: Con este tipo de construcción se implementan interiormente varios espacios cocinar, social y dormir.	Adobe, piedra, madera, paja o ramas con hojas.	Construcción rectangular o circular. Las piezas de adobe se hacen del mismo barro y se aplican a la construcción de paredes. Se construyen sobre un zócalo de piedra para evitar humedad por capilaridad. Muros gruesos por debilidad



<p>Casa de Pacas de Paja: Se crea este tipo de vivienda dada la ocupación de los terrenos en Nebraska – Sandhills, hacia el año de 1904.</p>	<p>Paja silvestre y/o heno, mortero, arcilla, arena, barras de madera o hierro, madera, turba, malla de gallinero, estuco. Con prensas empacadoras se conforman las pacas de paja silvestre y/o heno.</p>	<p>estructural y aislamiento térmico. Cubierta inclinada en vigas de pino, baja altura. Puertas y ventanas alejadas de las esquinas. Cubierta en madera recubierta de papel y betún. Se debe recubrir con una capa de tierra de 20 cm.</p> <p>Se debe hacer una placa de piso en concreto como aislante. Pacas de 1.00 a 1.20 m de largo y 0.50 a 0.60 m de ancho, se apilan igual que ladrillos se sentaban con mortero; mortero casero de 2 de tierra arcillosa por 1 de arena más agua. Para rigidizar las pacas se les atravesaba barras de madera o de hierro de 1,20 – 1,50 mts. La cubierta a cuatro aguas en madera con un tendido de turba. Posteriormente se extendía una malla de gallinero y se le aplicaba estuco.</p>
<p>Casa de Turba: Este tipo de vivienda se implementó en Nebraska, se tuvo en cuenta la técnica de su antecesor europeo.</p>	<p>Turba, tablas y vigas en madera para cubierta.</p>	<p>Se usaban terrones de turba de 60 x 90 x 10 se sentaban sin mortero con la hierba hacia abajo. Cada hilada se empezaba en una esquina y cada cuatro hiladas se colocaba una a tizón formando una llave, para darle estabilidad al conjunto. Para ventanas y puertas se colocaban cercos y se clavaban en los extremos. En la cubierta se hacía un tendido de madera y se recubría con terrones de turba.</p>

Nota. Adaptado de *Cobijo* por L. Kahn, 1981.

Además de la caracterización presentada en la Tabla 2, es importante mencionar algunos materiales de construcción, que por su necesidad o complemento son utilizadas en la edificación y han evolucionado dada la capacidad creativa de ese Homo Sapiens, fundamentalmente en los vanos (puertas y ventanas) que se presentan dentro de los espacios. A medida que se avanza en el sentido social se empiezan a determinar ciertos espacios individuales dado que el nivel de privacidad o independencia en cada uno de los miembros de una familia no estaba determinado, es por ello, que las habitaciones son de uso colectivo. Tabla 3 Materiales de Construcción en la Historia.



Tabla 3

Materiales de Construcción en la Historia.

Datación del Material	Ubicación Geográfica	Nombre y característica del material de construcción
3.000 a.C	Norte de África, Oriente medio y Asia.	Para la fabricación de viviendas y otros recintos dependiendo de la abundancia del material madera, piedra y pieles. Ladrillo, tierra y cal. El hierro para uso militar y agrícola.
3.000 a.C	Norte de África, Oriente medio y Asia.	Pegamento a base de alquitrán y de abedul.
2.500 a.C	Mesopotamia.	Clavos de metal.
1.500 a.C	Medio Oriente.	Espejos de cobre o de plata.
1.200 a.C	Micenas.	Cerraduras y pestillos para puertas.
900 a.C	Mesopotamia.	Baldosa de barro cocida
600 a.C	Roma.	Puzolana y el empleo del hierro como refuerzo.
300 a.C	Grecia.	Se dan los principios para el uso del tornillo.
180 a.C	Grecia.	Mortero de aire (cal apagada y arena)
150 a.C	Roma.	Mortero hidráulico (cal calcinada, puzolanas y polvo de ladrillo y agua.
100 a.C	Siria.	Transparencia en el vidrio.
100 a.C	Roma.	Ladrillo hueco usado para la conducción de aire caliente.
100	Roma.	Primeras tuberías de plomo.
880	Europa.	Se perfeccionan los vidrios de colores.
1330	Europa.	Vidrio lunar o vidrio para ventana.
1400	Medio Oriente.	Se crean las mayólicas o azulejos

Nota. Algunos datos son extraídos de la Universidad Politécnica de Cartagena (<https://ocw.bib.upct.es/course/view.php?id=95>). En el dominio público.

De la Tabla 3, se hace un pequeño corte hacia el año 1400, dado que no es el interés de este documento ampliar más, pero si el de hacer que el lector se integre con el lenguaje constructivo y esto debe formar parte de su acervo profesional, en la Tabla 3 faltaran muchos otros ingredientes que se han desarrollado a través de la historia. Hay que tener en cuenta que debe ser de interés general el origen de la Edificación Arquitectónica y para este conocimiento es importante hacer referencia de algún libro de Historia de la Arquitectura, que de indicios de la evolución de la vivienda en términos constructivos y espaciales; para ello se reseña la obra de Risebero (1995) Historia Dibujada de la Arquitectura, que para efectos de esta primera parte del trabajo se revisara hasta el siglo XIV de nuestra era. De forma breve se presenta en la siguiente: Tabla 4. Evolución de la vivienda hasta el Siglo XIV.



Tabla 4

Evolución de la vivienda hasta el Siglo XIV.

Datación y ubicación geográfica	Nombre de la construcción	Características
Galias Occidentales (1 a.C – 1 d.C)	Edificio – Almacén o Vivienda Pequeña.	Vivienda circular, excavado el terreno, chimenea central. Vigas en madera y cubierta de paja.
Sociedad Germánica (1 a.C)	Casa de pasillo o casa larga.	Postes y vigas de madera, cubiertas por paja. División de espacios para personas y animales. Chimenea en el centro.
	Domus.	Vivienda de un piso en ladrillo de aproximadamente 3.600 M2, con patio central poseía varios espacios para la vida social, familiar y comercial. Existen dormitorios llamadas (cubicula).
	Insulae.	Bloques de vivienda en ladrillo y entrepiso en madera, dada la vida de ciudad se crearon este tipo de viviendas que son los antecesores a los apartamentos. En el primer piso de la insulae se establecía comercio. Según el código urbano de la época se podían llegar alturas hasta de veintidós metros.
Imperio Romano (27 a.C – 476)	Villae.	Vivienda rural, son pequeñas haciendas que producen los alimentos requeridos para la sociedad romana.
	Mansión Señorial.	Consta de vivienda, establos y almacenes. El edificio principal, con un gran salón donde se hacían las comidas y las actividades diarias, cocinas y despensas, y una sala de descanso en el piso superior, el solarío para dormir. Tiene su origen de la vivienda se remonta a las casas Escandinavas.
Europa. Edad Media (5 a 15 d.C)	Viviendas para Logias.	Conjunto de viviendas en madera (podría variar este material dependiendo del lugar geográfico, se considera hasta el uso del adobe con caña, pero no es tan popular), donde se agrupaban por una labor comercial específica con talleres y patios en el primer piso. En el segundo piso habitaciones y almacén existían voladizos. Las calles son estrechas de uso peatonal. Cubierta a dos aguas de paja o paños de madera, ventanas sin cristal.
Europa. Año 1600 d.C	Casa de Aaron de Lincoln.	Edificio de dos plantas con revestimiento de piedra ventanas y puertas rematadas con arcos románicos de medio punto. Cubierta en madera.



Italia. Siglos X - XIV	Casa Feudales.	Familias	Edificaciones defensivas de alturas de 70 mts cinco pisos con sillares de piedra almohadillados. Las ventanas de los pisos inferiores son pequeñas
Inglaterra. Finales Siglo XIV.	Casa Grever.		Piedra y madera son sus materiales predominantes, dos plantas, cubierta muy inclinada y prominentes buhardillas

Nota. Adaptado de *Historia dibujada de la arquitectura* por B. Risebero, 1995.

De hacerse un comparativo entre la Tabla 2 y la Tabla 4, se evidencia un mejoramiento con la técnica constructiva pues el uso de la piedra, la madera y la paja, ha sido generalizado incluso hasta finales del siglo XIV, los artesanos constructores se vuelven más hábiles en la revisión de la calidad del material, hacen una evaluación de como estos deben reaccionar ante las inclemencias climáticas generando protecciones internas a las viviendas; el Imperio Romano se destaca dada su capacidad de síntesis acoplando la experiencia de otras civilizaciones, a su vez los diferentes espacios que se identifican en sus residencias que posteriormente se desvanecen en el tiempo. Queda pendiente seguir haciendo una revisión bibliográfica sobre andamios y escaleras ya que siempre han sido equipos indispensables para la construcción y pues estos tendrán su respectiva evolución al igual que todo lo existente en la construcción, sin embargo, hay que tener en cuenta la Tabla 3 pues siguen en evolución los materiales descritos. Risebero (1995), menciona:

En la Edad Media no había teoría de estructuras: la estabilidad de un edificio no podía predecirse de antemano sino únicamente ensayarla en la práctica, lo cual es de por si testimonio de la audacia de los constructores. En Beuavais, la búsqueda de mayores alturas sobrepasó evidentemente los límites de la tecnología medieval. (p.71).

Eso nos da a entender que la práctica de la construcción se convirtió en una profesión de carácter generacional transmitida entre familias, creando con ello un grupo selecto de constructores que además del aprendizaje por tradición oral, poseían las herramientas, también se adjudicaban las mejoras de la calidad de la construcción pues los errores se corregían sobre la marcha. Hay que tener en cuenta que el desarrollo de la escritura avanza desde el siglo 1 a.C., sin embargo, la accesibilidad a ella es casi limitada a un grupo convirtiéndose el clero en el mayor benefactor, por lo anterior, posiblemente los escribas fueron los que mediante recuentos de estos constructores registraron esta valiosa tradición oral para evaluar las mejoras constructivas para sus futuras catedrales, aún se está lejos de un lenguaje técnico apropiado al fenómeno constructivo. Legados de este fenómeno lo obtenemos del tratado de Vitruvio en sus diez libros de arquitectura y posteriormente con León Battista Alberti en el renacimiento, sin embargo, siguen por ese instante concepciones poco científicas de las cuales nos ocuparemos a continuación.

Evolución del fenómeno constructivo.

Como se ha evidenciado en el avance del texto la evolución de la construcción es tan vieja como la misma evolución del Homo Sapiens, demostrando que las grandes construcciones se van



realizando de acuerdo a la interacción social, a los caprichos e interés de cada gobernante político o religioso, desarrollados en ellas e indiscutiblemente como una demostración de poder y de incluso permanencia en el plano terrenal, así se vinculen este tipo de construcciones con la ascensión al más allá.

Dejando de lado esa retórica filosófica se presenta en la Tabla 5, una evolución inicial de cómo entender la construcción en sus preliminares científicos, para ello se presenta una datación o periodo histórico, seguido del nombre del autor del postulado científico, posteriormente muy brevemente el postulado y por último se da un calificativo de acertado o no acertado, se aclara que aquellos postulados clasificados como “no acertado”, se presentan para mostrar la evolución científica de la construcción, y que forman parte de ese bagaje que a su bien todo buen arquitecto debe conocer.

Tabla 5
Inicios científicos de la construcción.

Datación o Periodo Histórico	Nombre del Autor	Postulado	Acertado / No acertado
Renacimiento	León Alberti. Leonardo Da Vinci.	Se pretenden establecer relaciones entre las secciones de los elementos estructurales y su capacidad de resistencia. “Una viga de sección doble aguantara el doble de la carga”. En el texto la redacción es muy confusa y por ello no hay validez científica.	No acertado
1564 - 1642	Galileo Galilei	Discurso sobre dos nuevas ciencias (1638), en él se establece los conceptos de la mecánica como ciencia faltando el concepto de tensión junto con el de deformación y da punto final a la física aristotélica dando paso a la ciencia moderna. Intenta establecer las bases de la resistencia de materiales, con poco éxito.	No acertado
1635 - 1703	Robert Hooke	Formulo la ley de la elasticidad, que describe cómo un cuerpo elástico se estira de forma proporcional a la fuerza que se ejerce sobre él.	Acertado
1654 - 1705	Jacob Bernoulli	Principio básico de la ciencia de la construcción: “La deformación es directamente proporcional a la carga y a la longitud e inversa a la sección, está ligada a cada material con un coeficiente específico, llamado hoy Modulo de Hooke, o módulo de elasticidad de un material.	Acertado



1620- 1684	Edme Mariotte	Introduce la noción de eje neutro, pero define su posición erróneamente.	No acertado
1666 - 1716	Antoine Parents	Hace las correcciones realizadas por Mariotte y fija nuevamente la zona de equilibrio de los esfuerzos sobre la sección transversal de las vigas.	Acertado
1707 - 1783	Leonhard Euler	Publica “Theoria motus coporum solidorum seu rigidorum” (La teoría del movimiento de cuerpos sólidos o rígidos), se define un centro de masa o centro de inercia en cada solido relacionado con la forma, no con las fuerzas a que está sometido, y el momento de inercia.	Acertado
1736 - 1806	Charles-Augustin de Coulomb	Hacia 1785 hace su publicación sobre estudios sobre torsión, empuje de tierras, bóvedas, rozamiento, etc.	Acertado
1785 - 1836	Louis – Marie Henri Navier	Los descubrimientos de Coulomb son publicados por Navier (1826), como textos de lecciones explicadas por él en la Escuela Politécnica de Paris y traducidos en España por Celestino del Piélagó diez años más tarde.	Acertado
1746 - 1818	Gaspard Monge	Publica la Geometría Descriptiva (1799).	Acertado
1800		Definición del sistema métrico decimal. Implantado como sistema universal de medida por el Tratado del Metro (1875) y confirmado por la primera Conferencia General de Pesas y Medidas (1889)	Acertado
1883 - 1963	Karl Von Terzaghi	Ingeniero considerado el padre de la mecánica de suelos y de la geotecnia, sus esfuerzos durante toda su vida profesional estuvieron en la búsqueda racional para resolver los problemas relacionados con los suelos e hizo su publicación sobre “clasificación de suelos” en el año de 1925.	Acertado

Nota. Adaptado de *Historia de la Construcción Arquitectónica* por A. Castro, 1995.

Se considera importante incluir en el último renglón de la Tabla 5, los grandes aportes realizados por las investigaciones de Terzaghi a pesar que sus escritos son desarrollados en el siglo XX, pero estos son de gran vigencia, de consulta permanente y de amplio estudio entre la comunidad académica, la altura de las edificaciones arquitectónicas dependen de una buena cimentación y para ello la clasificación de suelos realizado por este ingeniero civil determina en gran proporción la sostenibilidad y desarrollo de los proyectos.



Generalmente los desaciertos que pudieron haber cometido los hombres de ciencia, dan pie a que otros investigadores realicen sus propios experimentos e investigaciones para llegar a la verdad, es por ello que como se observa en la Tabla 5, se muestran una serie de inquietos científicos de diferentes áreas del conocimiento, que muchas veces han sido recursivos llegando a postulados que posteriormente han sido reevaluados, pero esa perspicacia y persistencia ayudaron a crear esa metamorfosis en la “ciencia de la construcción” que evoluciona considerablemente en el siglo XX, se presenta extraordinariamente para lograr que las edificaciones arquitectónicas sean aún complejas en sus diseños, usando la gran variedad y versatilidad de los materiales de construcción. Dentro de los arquitectos más relevantes se considera a Viollec-le-Duc (1814 – 1879) quien realizó varios escritos de su análisis de las construcciones góticas y contribuyó con su libro *Entretiene el despertar entre los arquitectos del siglo XIX por las posibilidades estructurales*.

Como se presenta en la Tabla 5, Inicios científicos de la construcción, el proceso por regular verdaderamente la construcción no ha sido un proceso fácil, más bien ha sido progresivo pero todo ello se da fuertemente a mediados del siglo XIX, por ese entonces emergen los Ingenieros Civiles quienes comienzan a destacarse no únicamente en la construcción de puentes y caminos, sino en la participación de otro tipo de construcciones esto se debió a los avances obtenidos por la Revolución Industrial, el uso del hierro en diferentes clases de edificaciones, el ferrocarril, son las grandes obsesiones constructivas del momento. Estos presentan gran influencia en los procesos de construcción donde prácticamente son dos razones las que llevan a constructores a la mejora de estos. Castro (1995), los relata de la siguiente manera:

- 1) En primer lugar, por la aceptación de los constructores de unos esquemas que, sin llegar a lo que pudiéramos llamar cientifismo, se basan en la constante de que algunas “recetas” del oficio funcionan mejor que otras, es decir, por la experiencia acumulada, difundida en esta época a través de algunos tratados que basan su información en la realidad de sus obras. En algunos casos se desconocen las causas exactas que justifican su idoneidad, pero éste, como ya expusimos al hablar de los requisitos de la fábrica, en construcción son un mal menor. Basta con que se constate que con algunas soluciones se mejora realmente el proceso para que queden definitivamente incorporadas a él. (...).
- 2) En segundo lugar, por la difusión de algunos postulados sencillos de la física más inmediata que permiten errores de bulto. Este hecho genera también un proceso inverso. Cuando la realidad como problema es descrita de forma incompleta e inexacta, la solución puede resultar mucho menos adecuada que cuando se recurre a la experiencia. Esta situación se mantendrá hasta mediados del s. XIX, sobre todo en lo que se refiere a cimentaciones y a los elementos arqueados, bóvedas y cupulas, aunque, en mayor o menor medida, se producen casi todos los campos en los que se intenta una mínima codificación científica y objetiva de todos los problemas y sus soluciones (...), (p. 276).

Hay que aceptar dos grandes condicionantes históricas la primera definir fábrica como cualquier construcción de piedra o ladrillo pegadas con mortero, teniendo en cuenta que los muros



se convierten en cerramiento y a su vez en carga (muros de carga), que sostendrán la cubierta o techumbre; la segunda se convierte en el uso indiscriminado del libro escrito por Vitruvio permitiendo poco o nada un verdadero análisis de la construcción por parte del arquitecto, dando paso a que una nueva profesión que se interese y se forme en esta área. Sin embargo, en los albores del siglo XX en el primer Congreso Internacional de Arquitectura Moderna – CIAM, en el año de 1928 se manifestó la necesidad de hacer partícipe la arquitectura en la actualidad “científica”, la nueva forma de vida y la prefabricación en la construcción. Fue esta una buena oportunidad para que la industria de la construcción diera pasos agigantados para la construcción en masa de muchas obras arquitectónicas, de las cuales como ya se había mencionado en otras oportunidades se volvió una arquitectura inerte y vaga pero en términos de “ciencia de la construcción” se hicieron muchos análisis de la versatilidad de los materiales de construcción hasta el momento conocidos, y se dio a la experimentación de otros más que a pesar de estar en evolución no están aún al alcance de un mercado popular. En el siguiente numeral de este documento se presentarán a manera de síntesis sistemas estructurales - constructivos, principios sobre estructura para edificaciones arquitectónicas, clasificación de materiales para construcción; que todo arquitecto debe conocer y reconocer; así su oficio primario no sea la construcción.

Lo que se debe saber de construcción.

Sistemas estructurales - constructivos.

La elección del sistema constructivo en la antigüedad muchas veces se determinaba por los materiales existentes en el sitio de la construcción, sin embargo, el uso de estos sistemas estaba limitado a tres grandes grupos atendiendo periodos históricos: a) Sistema de pilares y dinteles; b) Sistema de arcos y bóvedas; y c) Sistema de nervaduras y líneas de fuerza. Las cuales se presentan en la Tabla 6. Sistemas constructivos en la antigüedad.

Tabla 6

Sistemas constructivos en la antigüedad

Datación o Periodo Histórico	Nombre del sistema constructivo	Definición y Características
10.000 años	Sistema de pilares y dinteles. Arquitrabe. Porticado. Aportricada.	Cuando se construye utilizando una estructura formada por pies derechos que soportan sobre sus cúspides unas vigas horizontales que recogen los esfuerzos y las cargas de lo que sobre ellas se apoya. Es interesante destacar que el dintel siempre era apoyado por un sistema de caja y espiga. El uso de la piedra era bastante usual con alturas hasta de 21 mts y luces entre apoyos en los dinteles de hasta 9 mts. Ha evolucionado este sistema se acentuó más en los siglos XVIII y XIX, cambiando los materiales usados a hormigón armado, perfiles en acero, madera estructural o aserrada, entre otros.
5.000 a.C.	Sistema de arcos y bóvedas	Un arco es un elemento constructivo dispuesto en un plano vertical que desplaza las cargas que recibe superiormente, de forma progresiva, hacia los apoyos. La bóveda de cañón es



basa en el mismo principio constructivo del arco pero se desarrolla a profundidad, sin un límite especial para ello. Se trata de una estructura arquitectónica que sirve para cubrir un amplio espacio. La bóveda de cañón es la base para otro tipo de bóvedas. Se evidencian construcciones en bóvedas de 25 mts entre apoyos y alturas de 30 mts. En cuanto a cupulas se destaca Santa Sofia de 31 mts y pilastras de 40 mts. Se usaba piedra o ladrillo cerámico y argamasa (mortero). De otra parte los romanos implementaron el hormigón para sus construcciones. En la actualidad el uso del arco, la bóveda y la cúpula se presentan en algunas construcciones como elementos de cubierta hay una gran variedad de materiales para su construcción.

s. XII - XVI

Sistema de nervaduras y líneas de fuerza

Las nervaduras de las bóvedas quedan convertidas en armadura de soporte y arriostramiento de todo un conjunto estáticamente equilibrado. Principios de la arquitectura gótica: a) articulación, que es la subdivisión de espacios; b) diafanidad o vaciamiento permitiendo que los muros dejen de ser macizos y pasan a ser calados; c) luz las paredes se transforman en amplísimas vidrieras; d) utilización de contrafuertes en los exteriores. Es de destacar que para esta época existen vidrieras de 18 mts de ancho y altura de hasta 7 mts. En cuanto a las edificaciones se lograron alturas hasta de 46 mts. Este sistema ayuda a sentar las bases para la ingeniería estructural y los proyectos de grandes luces.

Nota. Adaptado de *Historia de la construcción de la caverna a la industrialización* por J. A Tineo, 1984.

Aunque no está relacionado en la Tabla 6 es importante destacar como sistema constructivo los muros de carga, de gran demanda en la construcción doméstica. Los sistemas constructivos realizaron su evolución y se unieron a los sistemas estructurales, en el caso de Colombia se presentan en la Norma Sismo Resistente NSR-10 y se divide en cuatro grandes grupos, que se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7

Sistemas estructurales y constructivos según la norma NSR-10

Sistema Estructural	Sistema Constructivo	Sistema Constructivo según modalidad	Ventajas y desventajas del sistema
Sistema estructural de muros de carga	Muros de mampostería.	Mampostería confinada.	a) Luces entre apoyos pequeñas y medianas. b) Restricción para grandes vanos. c) Restricción ante modificaciones espaciales posteriores.
		Mampostería estructural en bloque de concreto.	
	Muros de concreto.	Mampostería estructural en bloque de arcilla.	
		Muro de concreto fundido in situ.	



	Muro de concreto prefabricado.	d) Bajo costo en la construcción. e) Facilidad en la mano de obra.
	Muros de bahareque encementado.	f) Facilidad de diseño y calculo estructural.
Otros sistemas de muros.	Paneles de madera.	g) Uso para edificaciones de mediana altura.
	Otros. (por ejemplo, polymuro, paneles de perfiles de acero formados en frio).	h) Edificios más rígidos. i) Continuidad vertical de los muros.
Pórticos de concreto reforzado.	Sistema de pórticos fundidos in situ.	a) Luces entre apoyos medianas y grandes.
	Sistema de pórticos prefabricados.	b) Posibilidad de grandes vanos. c) Posibilidad ante modificaciones espaciales posteriores. d) Mayor costo en la construcción. e) Menor facilidad en la mano de obra. f) Diseño y calculo estructural especializado. g) Uso para edificaciones de altura. h) Edificios más flexibles. i) Continuidad vertical de las columnas, pero no de los muros.
Sistema estructural de pórticos	Pórticos metálicos resistentes a momento.	
Sistema estructural combinado y dual	Pórtico de concreto con pantallas en concreto	Las ventajas y desventajas para esta modalidad son los mismos datos relacionados en el sistema estructural de pórticos.
	Pórtico de concreto con pórticos arriostrados	
	Pórticos metálicos resistentes a cortante con pórticos arriostrados	
	Pórticos metálicos resistentes a cortante con pantallas de concreto	

Nota. Los datos proceden del “Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente” (NSR-10 Decreto 926) de Función Pública, 2010 (<https://bit.ly/49P3eNH>). En el dominio público.



Como se puede observar en la Tabla 7 el arquitecto dedicado al diseño y a la construcción puede recurrir una gran variedad de sistemas estructurales y sistemas constructivos (unos de gran evolución evidenciados en la Tabla 6), sin embargo, el diseñador arquitectónico se limita a reconocer solo un sistema constructivo, es por esto por lo que familiarizarse es necesario y por ello la presentación de estas tablas que consideramos de gran apoyo tanto para estudiantes como profesionales arquitectos; a continuación se presenta al lector la Tabla 8, como complemento didáctico y posibilidad de interrelacionar con la Tabla 7. Es importante destacar que en la tabla a continuación se presentan cada una de las dimensiones máximas a tener en cuenta según cada sistema constructivo y las alturas máximas de construcción.

Tabla 8

Resumen características de sistemas constructivos según la norma NSR-10

Sistema Estructural	Sistema Constructivo	Luces (m)	Posibilidad de modificar espacios	Flexibilidad Espacial	Costo de Mano de Obra	Costo de Materiales	Velocidad de Ejecución	Requerimiento de Maquinaria Pesada	Altura
Sistema estructural de muros de carga	Muros de mampostería.	2,5 - 3,5	No	No	Bajo	Bajo	Baja	No	Baja 2 pisos
	Muros de concreto.	2,5 - 4,0	No	No	Bajo	Bajo	Baja	Si	Mediana de 45 a 72 mts
	Otros sistemas de muros.	2,5- 4,0	No	No	Bajo	Medio	Baja	Si	Baja 2 pisos
Sistema estructural de pórticos	Pórticos de concreto reforzado.	5,0- 8,0	Si	Si	Alto	Medio	Baja	No	Mediana sin límite
	Pórticos metálicos resistentes a momento.	6,0- 10	Si	Si	Bajo	Alto	Alta	Si	Mediana sin límite
Sistema estructural combinado y dual	Pórtico de concreto con pantallas en concreto	5,0- 8,0	Si	Si	Alto	Medio	Baja	No	Alta sin límite
	Pórtico de concreto con pórticos arriostrados	5,0- 8,0	Si	Si	Alto	Medio	Baja	Si	Alta sin límite



Pórticos metálicos resistentes a cortante con pórticos arriostrados	6,0-9,0	Si	Si	Alto	Medio	Baja	Si	Alta sin límite
Pórticos metálicos resistentes a cortante con pantallas de concreto	6,0-9,0	Si	Si	Alto	Alto	Baja	Si	Alta sin límite

Nota. Los datos proceden del “Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente” (NSR-10 Decreto 926) de Función Pública, 2010 (<https://bit.ly/49P3eNH>). En el dominio público.

Principios sobre estructura para edificaciones arquitectónicas.

Se presentó en el numeral anterior cómo han evolucionado los sistemas constructivos y como ellos han interactuado con los sistemas estructurales en las edificaciones arquitectónicas, en este numeral se apreciará los principios sobre estructura para edificaciones arquitectónicas, desde el punto de vista físico y de comportamiento ya que las fuerzas (tensiones y esfuerzos) de la edificación deben ser variables determinantes para que esta funcione comportándose de una manera coherente en su función primaria de firmeza o estabilidad (firmitas según Vitruvio), dado que la función o funciones arquitectónicas dentro de las edificaciones determinan la estructura requerida dada la carga estructural a la cual está sometida y transmitida al suelo a través de una cimentación. Es importante aclarar algunas definiciones sobre el fenómeno tensional los cuales siempre se deben recordar y que influyen en todas las estructuras edificatorias, para ello nos acogemos a las dadas en Ávalos (1998)

- a) Cargas: Acción de una fuerza externa sobre un elemento; b) Esfuerzo: Continuidad de las fuerzas externas dentro del elemento. Es la acción provocada por una fuerza externa dentro del elemento con la misma dirección y sentido de la carga; c) Tensión: Es la fuerza interna de reacción del material que establece el equilibrio con relación al esfuerzo; d) Resistencia: es la tensión máxima que puede oponer un material antes de romperse. Los materiales poseen en común ciertas propiedades que les permiten resistir las cargas; e) Comportamiento elástico: Se dice que todo material cuya deformación cesa rápidamente con la desaparición de las cargas, se comporta de una manera elástica. (pp. 164-165).

Toda estructura arquitectónica además del principio Vitruviano señalado, debe cumplir con unos requisitos fundamentales a) equilibrio; b) estabilidad; c) resistencia; d) funcionalidad; e) economía y f) estética. Recordando ese léxico que debe tener el diseñador y/o constructor en arquitectura, además se relacionan a continuación algunos esfuerzos que se consideran relevantes y que deben vincularse a ese acervo desde el primer año de pregrado, en la Tabla 9 se resumen.



Tabla 9

Principales esfuerzos en una estructura arquitectónica

Nombre del esfuerzo	Definición
Compresión	Se define como las fuerzas internas que desarrolla un material al verse sometido a la acción de una carga que tiende a producir acortamiento en la dirección en que actúa la carga.
Tracción	Se define como las fuerzas internas que desarrolla un material al verse sometido a la acción de una carga que tiende a producir alargamiento en la dirección que actúa la carga.
Corte o cizalladura	Se define como las fuerzas internas que tratan de cortar o partir el material por un plano perfectamente determinado, y que tiende a producir una deformación en forma de rombo. Los esfuerzos de tracción y compresión actúan perpendiculares en las diagonales del elemento.
Flexión	Se define como las fuerzas internas que desarrolla un material al verse sometido a la acción de una carga que tiende a arquearlo o doblarlo en la dirección en que actúa la carga. en el esfuerzo de flexión, la cara superior del elemento queda sometida a compresión y la cara inferior queda sometida a tracción, actuando ambos esfuerzos de forma paralela.
Torsión o torque	Se define como las fuerzas internas que desarrolla un material al verse sometido a la acción de dos fuerzas giratorias y de sentido contrario que tienden a hacer girar unas secciones del material con respecto a las otras.

Nota. Adaptado de *Construcción para Arquitectos* por E: Ávalos, 1998.

Clasificación de materiales para construcción.

Los avances científicos desarrollados entre el siglo XIX y el siglo XX en las áreas de la física y la química influenciaron en el desarrollo de obras arquitectónicas y obras civiles, en líneas anteriores se había nombrado a Karl von Terzaghi, quien desarrollo una teoría sobre la capacidad portante de los suelos que influiría en el desarrollo de los diferentes tipos de cimentación, de otra parte en el año 1869 el químico Dmitri Mendeléiev ordeno en la tabla periódica los elementos físicos según sus propiedades físicas, esto en la ciencia de la construcción ayuda con los materiales para la construcción pues estos deben estar relacionados con sus propiedades, al respecto Montes (2014), nos menciona:

Se entiende por propiedades de un material las respuestas que este ofrece ante determinados estímulos externos. Por esta razón, las propiedades pueden ser mecánicas, térmicas, eléctricas, magnéticas, ópticas y químicas, dependiendo de la naturaleza del estímulo externo (una fuerza, calor, un campo eléctrico, etc.). De este modo, las propiedades mecánicas como la deformación y la resistencia a la rotura, entre otras, dan cuenta de cómo se comporta el material ante la aplicación de fuerzas o cargas mecánicas. Las propiedades



térmicas, como la conductividad térmica y el calor específico, miden la respuesta del material ante flujos de calor o cambios de temperatura. Para el estudio de las propiedades eléctricas, tales como la conductividad eléctrica y la constante dieléctrica, el estímulo externo es un campo eléctrico. Las propiedades magnéticas, como la permeabilidad, se refieren a la respuesta de un material ante la presencia de un campo magnético. En el caso de las propiedades ópticas, el estímulo es la radiación electromagnética, el índice de refracción y la reflectividad son propiedades ópticas representativas. Finalmente, las propiedades químicas miden la reactividad de un material, como por ejemplo, su resistencia a la corrosión en determinados ambientes. (pp. 5-6).

El acercamiento de la arquitectura a las ciencias y en especial a la “ciencia de la construcción” es muy diverso, por ello que una de nuestras pretensiones en este documento es demostrar que esta licenciatura y/o profesión requiere de un estudio más allá de la espacialidad y para ello la inquietud debe ser constante y diaria, pues la arquitectura se transforma rápidamente aún más con los avances de este siglo XXI, teniendo en cuenta la variedad de materiales de construcción existentes los cuales se encuentran actualmente divididos en cinco grandes grupos: a) materiales metálicos; b) materiales cerámicos; c) materiales moleculares; d) materiales poliméricos y e) materiales híbridos. Sobre ello habla Montes (2014), el cual se presentará en la Tabla 10.

A nivel profesional se debe interesar el diseñador arquitectónico y/o futuro constructor por las características de cada uno de los materiales a usar dado que de ello depende precisamente la armonía de la edificación arquitectónica, en particular se debe tener presente la disponibilidad de los materiales en la región donde se va a construir puesto que podría implicar sobrecostos innecesarios al momento de su ejecución. El transporte puede influir en estos sobre costos dado que pueden ser terrestres, aéreos o fluviales, en el caso de Colombia existen muchos lugares donde se transporta todos los materiales para construcción por vía aérea (caso Departamento del Vaupés), en este caso en particular el presupuesto debe ser tan detallado y minucioso, para evitar dobles desplazamientos, de otra parte en esa región para llegar a otro municipio se debe ingresar vía fluvial, donde existiría otro sobrecosto para llegar a otros centros poblados. El diseñador arquitectónico debe estar en la capacidad de hacer recomendaciones al futuro cliente, la acción del arquitecto debe ir más allá del simple dibujo pues en este se refleja la certeza de cada uno de los espacios arquitectónicos que forman el complejo de la obra arquitectónica.

Tabla 10

Grupos de Materiales de Construcción

Grupo	Definición	Características principales
Materiales Metálicos	Son aquellos elementos químicos sólidos (excepto el mercurio) que son buenos conductores de calor y electricidad.	Son resistentes, aunque deformables, lo que lo convierte en excelentes candidatos para las aplicaciones estructurales.



Materiales Cerámicos	Materiales inorgánicos no metálicos, este grupo incluye materiales tradicionales como el vidrio, la arcilla o el cemento, pero también otros mucho más recientes como los carburos, boruros, nitruros y óxidos, así como sus mezclas.	Presentan gran resistencia al desgaste, al calor y a los ataques químicos. Tienen baja conductividad térmica además son frágiles. Con los avances tecnológicos se han vinculado en alta tecnología y se han convertido en materiales superconductores de temperatura de trabajo más alta.
Materiales Moleculares	Están constituidos por moléculas agrupaciones atómicas que actúan como entidades individuales y que solo interaccionan unas con otras de manera débil.	Puntos de ebullición bajos. El agua es un buen ejemplo. Son desarrollados en laboratorios y se presentan en forma líquida, sólida o gaseosa.
Materiales Poliméricos	Se trata de compuestos orgánicos, basados en el carbono, hidrogeno y otros elementos no metálicos, y que se caracterizan por estar constituidos por moléculas inmensas (macromoléculas) que incluso, pueden estar enlazadas unas con otras y formar complejas estructuras.	Poseen densidades bajas y una extraordinaria flexibilidad. Son malos conductores de la electricidad, pero ya se está incursionando a esta capacidad. Los denominados termoestables, como las resinas de epoxi o de poliéster, encuentran una aplicación en la tecnología del automóvil y en la aeronáutica. Ya sean logrado poliméricos que soportan temperaturas hasta de 350°C (los denominados nadimidadas).
Materiales Híbridos	También denominados materiales compuestos, están formados por la mezcla de dos o más materiales pertenecientes a distintas familias (metálicos, cerámicos, moleculares o poliméricos), lo que permite mejorar las características de cada componente.	El primer material híbrido conocido en construcción es el adobe mezcla de arcilla y paja. Muchos materiales híbridos contienen fibras de un determinado material como ejemplos tenemos cementos o la resina de reforzados por fibra de vidrio. Se consigue combinar la resistencia a la tracción de la fibra de vidrio con la resistencia de la compresión del cemento o con la flexibilidad de la resina, respectivamente.

Nota. Adaptado de Ciencia e Ingeniería de los Materiales por J.M. Montes, 2014.

Dando cierre a lo presentado en este numeral cuyo título “Lo que se debe saber de construcción”, muestra la imperativa necesidad que el futuro arquitecto este en permanente consulta con la realidad constructiva puesto que como se ha mostrado la “ciencia de la construcción” sigue proyectándose con nuevos materiales y con novedosos sistemas prefabricados de construcción. Sobre todo y lo más importante que se debe tener en cuenta es la realidad



Latinoamericana visualizada en términos culturales, dado que nuestra idiosincrasia no está dada para copiar diseños de fuera del continente, donde se recluyan los espacios limitados hasta de visuales, en estos debe primar los espacios diseñados para una buena salud mental de sus ocupantes, así como el entender el ser social del latino y su factor de convivencia, la individualidad está restringida para algunos espacios donde la intimidad es importante. El arquitecto debe mantenerse a la vanguardia para así imponer sus obras arquitectónicas, plasmadas desde un formato papel con unos diseños que impacten al usuario.

Conclusiones

En el desarrollo del contenido del presente texto, “El lenguaje constructivo en la arquitectura: Más verbo menos sustantivo”, busca ser una herramienta pedagógica en la enseñanza – aprendizaje de la arquitectura para los estudiantes y profesores de Latinoamérica, es por ello que el desarrollo del contenido se presenta como la suma de las siguientes variables primarias: a) origen de la edificación arquitectónica; b) evolución del fenómeno constructivo; c) sistemas estructurales – constructivos; d) principios sobre estructura para edificaciones arquitectónicas; y, e) clasificación de materiales para construcción. De los cuales se ve involucrado el arquitecto por medio de la “ciencia de la construcción”; independientemente de su pensar, el profesional en arquitectura se relaciona continuamente con la física y la química, bien sea al momento de desarrollar cualquier diseño arquitectónico como posteriormente al momento de materializarse, o sea su ejecución; el paradigma del arquitecto referencia de estilos y buen dibujante, debe trascender al arquitecto visionario social y científico usando sus dones y destrezas a través del correcto uso de los materiales y de un buen diseño provisto de una buena construcción llevando nuevamente esta profesión a los más altos escaños.

El futuro arquitecto y quien lo guía, debe estar íntimamente relacionado con el lenguaje constructivo y para ello se elaboraron en el presente instrumento un dossier de diez tablas, las cuales presentamos para su aplicación bien sea en la enseñanza – aprendizaje, como para su vida profesional, estas plantillas están sujetas a la didáctica en cualquier asignatura o materia, pues como se puede constatar su aplicabilidad no va únicamente direccionada hacia el área de la tecnología y/o construcción, sino de una manera transversal al área del diseño arquitectónico e incluso en el área de la historia de la arquitectura.

A manera de ejemplo se pueden realizar dos ejercicios interesantes mostrando al lector la utilidad de las herramientas suministradas, en el primer ejercicio se vincularían las tablas 2, 3 y 4 en la asignatura de representación arquitectónica plasmando las plantas y alzados de cada una de las viviendas presentadas en la Tabla 2 a una escala 1:20 o 1:10, donde se deben detallar los materiales de construcción presentados en la Tabla 3, posiblemente complementado con la evolución de la vivienda mostrado en la Tabla 4; se involucran la asignatura de historia y la de tecnología y/o construcción transversalmente usando un mismo proyecto de aula.

El segundo ejercicio se puede aplicar en el área de diseño involucrando las Tablas 6, 7, 8 y 10, donde el futuro arquitecto presenta su solución arquitectónica cambiando de grupo de



materiales, con ello indaga los esfuerzos y fatigas que pueda tener el material aplicando la Tabla 9, este ejercicio estaría conducido con el docente del área de tecnología y/o construcción, el cual realiza su acompañamiento a través de las fichas técnicas de los materiales para su análisis, estudio y escogencia del material adecuado para la construcción arquitectónica; este podría ser otro proyecto de aula donde se involucren las demás asignaturas.

Es nuestro interés que el lector bien sea futuro arquitecto, arquitecto o lector de otras disciplinas amplie sus conocimientos indagando cada una de estas notas, pues entendemos que el hacer más extenso este documento hace que el beneficio por la lectura se pierda, por el contrario, la profundidad y el contenido de cada una de las secciones presentadas demuestra que la arquitectura ha estado presente durante la evolución del Homo Sapiens y prácticamente de la humanidad, se reitera que la arquitectura debe difundirse más allá del arte de proyectar y construir edificios, debe ser más demarcada como ciencia de la construcción y unida siempre a la ciencia social pues la arquitectura está enmarcada bienestar de la humanidad y de su entorno.

Referencias

- Acland, J. (1972). *Medieval Structure: The Gothic Vault*. Canada: University of Toronto Press.
- Allen, E. (1969). *Stone Shelters*. Cambridge: MIT Press.
- Ávalos, E. (1998). *Construcción para Arquitectos, Tomo 1*. Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana
- Báez, F & González, K. (2021). *¿Arquitectura, parte integral de las Ciencias sociales?*, Nexo Revista Científica, 34 (5), 75-82. DOI: 10.5377/nexo.v34i05.13111
- Castro, A. (1995). *Historia de la construcción arquitectónica*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Decreto 926/10, marzo 19, 2010. Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (Colombia). Obtenido el 24 de enero de 2024.
<https://www.unisdr.org/campaign/resilientcities/uploads/city/attachments/3871-10684.pdf>
- Graciani, A. (1998). *La técnica de la arquitectura en la antigüedad*. España: Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla
- Harari, Y. (2014). *De animales a dioses*. Bogotá D.C.: Penguin Random House Grupo Editorial S.A.
- Kahn, Ll. (1981). *Cobijo*. Blume Ediciones: España
- Montes, J. (2014). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. España: Ediciones Paraninfo S.A.
- Risebero, B. (1995). *Historia Dibujada de la Arquitectura*. España: Celeste Ediciones, S.A.
- Tineo, J. (1984). *Historia de la Construcción: De la caverna a la industrialización*. España: Montesinos Editor, S.A.

